

**A kontinentális Moho természete és eredete a legújabb külföldi és hazai megfigyelések  
alapján**

**Doktori értekezés tézisei**

**GÚTHY TIBOR**

**ELTE Földtudományi Doktori Iskola**

**Földtan-Geofizika program**

Témavezető:

**HORVÁTH FERENC DSc**

2014

**Tartalomjegyzék**

1. Bevezetés, a munka célkitűzései
2. Az alkalmazott módszerek
3. Az eredmények összefoglalása, tézisek
4. Következtetések
5. A tézisek alapjául szolgáló rövid irodalomjegyzék
6. Saját publikációk

## **1. Bevezetés, a munka célkitűzései**

Andrija Mohorovičić horvát tudósról nevezték el azt a Mohorovičić határfelületet (továbbiakban: Moho), mely dolgozatom tárgyát képezi. A Moho felismerésére földrengéshullámok út-idő görbéinek tanulmányozása révén jutott. Ez a határfelület globálisan észlelhető, és a kutatásának több mint száz éve alatt a föld teljes területére meghatározták. A Moho mélysége és közetfizikai, fizikai paraméterei a föld kérgének és litoszférájának fontos jellemző alapadatai. A lemeztektonika és a geodinamikai vizsgálatok bemenő adatai. A hazai Moho kutatás fél évszázados hagyományra tekinthet vissza. A jelenleg publikált magyarországi Moho térképek szerkesztéséhez felhasznált legfrissebb, szeizmikus méréseken alapuló mélység adatok a kilencvenes évek közepéről származnak. Munkám célkitűzése volt, a kutatási módszerek áttekintése után, a MOL által méretett, hazai mélyszeizmikus, reflexiós regionális vonalak újra feldolgozása, mélyszerkezeti értelmezése. Célul tűztem ki az új adatok összedolgozásával a kutatási területre vonatkozó új Moho mélységtérkép szerkesztését, a vizsgált horizont szeizmikus paramétereinek elemzését, azok laterális változásának kimutatását.

## **2. Az alkalmazott módszerek**

A MOL Rt által méretett, de ezideig a Moho mélységéig nem feldolgozott, illetve nem publikált szeizmikus reflexiós szelvények feldolgozását és mélységinverzióját végeztem el. Összesen 6db új regionális szelvényt tartalmaz a dolgozatom, melyek össz cdp hossza ~302 km. A szelvények 5716 terepi felvételből állnak a fedésszám 45-240 között változik. A feldolgozáshoz a ProMAX<sup>®</sup> szeizmikus feldolgozó programcsomagot alkalmaztam. A térképek szerkesztéséhez a SURFER programot használtam. A mélyszeizmikus kutatásban Magyarországon korábban nem alkalmazott, összegzés előtti migrációs eljárásokat vezettem be, úgy időtartományban (pstm), mint mélységtartományban (psdm). Valódi amplitúdók megőrzésével végzett feldolgozást vittem végig így a szeizmikus amplitúdó eloszlást, mint jellemző attribútumot tudtam értékelni. Alapvetően reflexiós szeizmikus adatokkal dolgoztam, de a gravitációs, mágneses, geotermikus adatokat is figyelembe vettem az eredmények értékelésénél. A modellezéseknél a ProMAX<sup>®</sup> véges differenciás modellezését használtam, egyes esetekben az AutoCAD programot is használtam. Az inverzióhoz nélkülözhetetlen sebességtér meghatározáshoz a horizontális sebességvizsgálat eredményeit is felhasználtam. A felszínközeli alacsony sebességű zóna sebességterének meghatározására turnig ray tomográfias sebesség meghatározást is alkalmaztam.

### 3. Az eredmények összefoglalása, tézisek

**3.1** A mélyszeizmikus reflexiós feldolgozás során olyan eljárásokat alkalmaztam, melyek a korábbi hazai gyakorlatban ebben a tárgykörben nem voltak használatosak:

felszínkonzisztens amplitúdó szabályozás

felszínkonzisztens dekonvolúció

horizontális sebességanalízis

kis sebességű réteg tomográfiás meghatározása

összegzés előtti időmigráció (pstm)

összegzés előtti mélységmigráció (psdm)

amplitúdó lefutási görbék számítása minden csatornára

A kialakított feldolgozási folyamat a mélyszeizmikus feldolgozás minőségét, jel/zaj viszonyát, az összegszelvény és az időtartománybeli migrált szelvény esetén is javította.

**3.2** A mélységinverzió végrehajtására a korábban alkalmazott  $Z=V(t) \times t$  képlet alkalmazása helyet összegzés előtti mélységmigrációt használtam (psdm). A migrációhoz használt sebességmezőt a vertikális sebességanalízis, a horizontális sebességanalízis, a felszínközeli tomográfiás sebesség meghatározás és a korábbi adatok felhasználásával alakítottam ki. Az eredményt CDP gyűjteményeken és modellezéssel is ellenőriztem, az eljárás hasznosságát igazoltam. A mélységinverzió megbízhatóságát ezzel az eljárással növeltem. Az alkalmazott sebességteret felhasználva reflexiós koefficiens és szintetikus csatornát készítettem. A szintetikus csatorna a mért szelvény amplitúdó viszonyaival jó egyezést mutat.

**3.3** Az új reflexiós szeizmikus mélységshelvényeken a Moho horizontot kijelöltem. Az új, és a korábban publikált Moho mélységadatokat integráltan értelmeztem, és megszerkesztettem a kutatási területre vonatkozó Moho mélységtérképet. A mélységtérképet a korábban közreadott mélységtérképpel összevettem, az eltéréseket térképen ábrázoltam. Több shelvényen keresztül kijelöltem a kérgen keresztül haladó elmozdulási, meggyengült zónákat. Kimutattam, hogy ezek hatással vannak a Moho mélységshelizont kialakult domborzatára. A domborzat ugrásszerű változásának meglétét és helyét egy kialakult

diffrakciós hullámkép bemutatásával és analizisével támasztottam alá. Két jellegzetes meggyengült, töréses, elmozdulási zóna felületét mélységtérképen, és perspektivikusan térben is bemutatok.

**3.4** A Reg-1 és a DR-6 szelvény Moho horizontja mentén meghatározott intervallumsebesség értékeket részletesen elemeztem. Megvizsgáltam az alacsony sebességű lokális extrémumok magmás tevékenységgel való magyarázatának lehetőségét, ismert működő vulkánok környezetében meghatározott sebességadatokkal összehasonlítva. Elkészítettem a fenti két szelvényre a Moho horizont menti reflexiós amplitúdók és az intervallumsebességek, valamint az átlagsebesség és a gravitációs Bouguer anomália értékek keresztmetsző nyomtatását (cross plot). Ezek a Moho feletti kéreg fizikai paramétereire vonatkozóan adtak adatokat. A szelvény menti  $V_p$  szeizmikus sebességparaméter területi eloszlását térképeztem. Ezt a sebességtérképet összevettem a pretercier medencealjzat földtani térképével és megállapítottam, hogy a medencealjzat térképén meghatározott főbb szerkezeti elemek megfelelő térbeli eltolással több helyen a Moho horizontján is követhetőek.

**3.5** A reflexiós amplitúdók változását jól szemléltető amplitúdó lefutási görbéket számítottam az általam kidolgozott módszer szerint. Ezeket a Hilbert transzformált valós részével összehasonlítottam, és megállapítottam, hogy az integrált, nagy léptékű interpretációhoz az amplitúdó lefutási görbék jobban használhatóak. Az ily módon kapott amplitúdó eloszlási képet összevettem a területre vonatkozó publikált feszültség különbségi görbékkel, és kimutattam egyes amplitúdó anomáliáknak ásványtársulási átmenetekhez köthetőségét.

**3.6** Szerkesztettem egy térbeli modellt sorozatot, amely egy feltételezett, viszonylag lapos szögben szubdukálódó óceáni lemez ütközési zónájával párhuzamos fellazulási övek mentén történő elmozdulásokat több fázisban követi. A jelen állapotot tükröző modellnek az átlagos Moho mélységnek megfelelő sík metszete a pre-kainozoos földtani térképén, és az általam szerkesztett Moho mélységtérképén is megfigyelhető sávos elrendeződést mutatja. A szelvényeken interpretált meggyengült zónák dőlése és csapása alapján eltolva, a Moho sebességtérképet és a pretercier medencealjzat térképét együtt ábrázoltam. Megállapítottam, hogy a pre-kainozoos medencealjzat térképén jelölt szerkezeti vonalak a Moho sebességtérkép sebesség anomáliáival több helyen egybeesnek. Ez a kérgen keresztülfutó gyengült mozgási övek interpretációját és a Moho sebességtérkép adatait is alátámasztja.

**3.7** A mélységmigrált szelvények, a reflexiós amplitúdók lefutási görbéi és az intervallum sebesség Moho horizont menti lokális extrémumai alapján kéregbe nyomuló magmás kőzetek megjelenését valószínűsítettem a Derecskei árok, a Makói árok és a Békési medence alatt. A PGT-1, PGT-4 szelvényeken korábban publikált magmás benyomulások negatív amplitúdó anomáliákkal esnek egybe. Ezt az értelmezést a PGT-4-es szelvénnel szoros hálózatot alkotó Reg-4, Reg-5, Reg-6-os szelvények megerősítik. A Derecskei árkot átszelő, újra feldolgozott DR-6 szelvény amplitúdó eloszlási képét hasonló tevékenység eredményének tartom. A DR-6 szelvényen leginkább szeizmikus amplitúdó eloszlási adatokra támaszkodva, de figyelembe véve a szeizmikus reflexiós horizontokat, és egyéb szeizmikus paramétereket és attribútumokat, vázlatos sztratigráfiai értelmezést készítettem. Lehatároltam az idősebb, feltehetően variszkuszi hegységképződés óta együtt mozgó lemezdarabokat és a közöttük elhelyezkedő fiatalabb kőzetanyagot. A Moho horizont alatt a litoszféra legfelsőbb rétegét is tagoltam a szeizmikus kép alapján. Az itt tapasztalt változékonyságot a hőmérséklet változásával magyarázom. Az analízis eredménye palinspastic rekonstrukcióra adott lehetőséget, amit el is végeztem.

#### **4. Következtetések**

A mélyszeizmikus szelvények újrafeldolgozása során alkalmazott eljárások a szelvények minőségét jel/zaj viszonyát javították. Az újonnan feldolgozott szelvények és a felhasználásukkal készült térképek pontosabbak, részletgazdagabbak és megbízhatóbbak a régebben készülteknél. Ezen eredmények interpretálása könnyebb és biztosabb, így a Kárpát Pannon térség mélyszerkezetének és fejlődéstörténetének megismerését előre mozdítja. Megállapítottam, hogy a vizsgált terület valamennyi szelvényén a Moho felület jelölhető volt. Megállapítottam, hogy a Moho felület még ezen a relatív kis területen sem egységes fizikai paramétereit tekintve. A szeizmikus paraméterek részletes vizsgálata és térbeli szerkezetük meghatározása a kéreg és a litoszféra megismerésének elengedhetetlen kiinduló adata. A részletesen vizsgált szeizmikus intervallumsebességek és reflexiós amplitúdók a Moho határfelület kialakulásának korára és a határfelület mentén elhelyezkedő kőzetek tulajdonságainak meghatározására ad lehetőséget. Elkülöníthetők a paleozoikumban kialakult együtt mozgó kéregdarabok, melyek a paleotektonikai nyomokat részben megőrizték és a fiatalabb extenziós és kompressziós mozgások következtében jelen helyükre került közettömegek. A magmás benyomulások hatása is nyomon követhető értelmezésem szerint a Mohon. A vizsgált határfelület részletes topográfiai térképe alapján arra következtetésre jutottam, hogy a pre-kainozoos medencealjzat térkép egyes szerkezeti vonalai a Moho

határfelületig hatolnak, annak domborzatát befolyásolják. A értelmezés alapján felállított modellek egyezése a mért adatokkal a bemutatott kutatási eljárás megbízhatóságát mutatja és teljes Pannon medencére való kiterjesztését indokolni látszik.

## **5. A tézisek alapjául szolgáló rövid irodalomjegyzék**

**Horváth, F., 2007.** A Pannon-medence geodinamikája. Akadémiai doktori értekezés

**Horváth, F., 1993.** Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin, *Tectonophysics* 226, 333–357

**Horváth, F., 1986.** A Pannon medence kialakulásának geofizikai modellje. Kandidátusi értekezés.

**Posgay, K., Takács, E., Szalai, I., Bodoky, T., Hegedűs, E., Jánváriné, K. I., Timár, Z., Varga, G., Bérczi, I., Szalay, Á., Nagy, Z., Pápa, A., Hajnal, Z., Reilkoff, B., Mueller, St., Ansorge, J., DeIaco, R. and Asudeh, I., 1996.** International deep reflection survey along the Hungarian Geotraverse. *Geophysical Transactions* 40/1–2, 1–44.

**Posgay, K., Bardócz, B., Bodoky, T., Albu, I., Gúthy, T., Hegedűs, E., Takács, E. 1997.** A Hódmezővásárhely-Makói árok és a Békési medence nagymélységű nyírási zónái térbeli elhelyezkedésének közelítő meghatározása. *Magyar Geofizika* 38/2, 95-123.

**Posgay K., Bodoky T., Falus Gy., Kovács I. J., Madarasi A., Gúthy T., Hegedűs E., Kovács A. Cs. 2011.** A Tisza és a száva-bükki egység szerkezetének alsó – krétabeli alakulása. *Magyar Geofizika*, 52/3, 135-150.

**Prodehl, C.; Kennett, B.; Artemieva, I., M.; Thybo, H., 2013.** 100 years of seismic research on the Moho. *Tectonophysics* 609, 9-44.

**Royden L. H., Horváth F., 1988.** The Pannonian Basin, *AAPG Memoir* 45

**Seghedi, I., Maţenco, L., Downes, H., Mason, P., R., D., Szakács, A., Pécskay, Z., 2011.** Tectonic significance of changes in post-subduction Pliocene–Quaternary magmatism in the south east part of the Carpathian–Pannonian Region, *Tectonophysics* 502, 146–157.

**Thybo, H., Artemieva, I., M., Kennett, B., 2013/a.** Moho: 100years after Andrija Mohorovičić, *Tectonophysics* 609, 1–8.

**Thybo, H., Artemieva, I., M., 2013/b.** Moho and magmatic underplating in continental lithosphere *Tectonophysics* 609, 605–619.

**Csontos, L., Nagymarosy, A., Horváth, F., Kovács, M., 1992.** Tertiary evolution of the Intra-Carpathian area: a model *Tectonophysics*, 208, 221-241.

**Csontos, L., Vörös, A., 2004.** Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 210, 1–56.

## **6. Saját publikációk**

**Gúthy, T., 2015.** Újabb adatok a Nagyalföld délkeleti részének kéregszerkezetéhez Magyar geofizika, nyomdában.

**Szalay, I., Gúthy, T., Gömböcz, L., 2011.** Az 1965-67. évi dunántúli kéregkutató mérések refrakciós tomográfiás feldolgozása , *Magyar Geofizika*, 52/4, 192-207.

**Gúthy, T., 2005.** A földrengés-veszélyeztettség vizsgálta: Jelentés: (kéziratossnyelvi anyag), Bp.,ELGI, 2005

**Gúthy, T., 2001.** Magyarország földrengés-veszélyeztettségének vizsgálata III. A CELEBRATION 2000 program nagytávolságú refrakciós felvételeinek feldolgozása a helyi átviteli függvények meghatározásához (kéziratossnyelvi anyag), Bp., ELGI 2001.

**Gúthy, T., 2003/b.** Zárójelentés. „1.3.1. Szeizmikus módszerfejlesztés” projekt keretében2001-2003-ban végzett munkáról, (kéziratossnyelvi anyag), Bp., ELGI 2003.

**Gúthy, T., 1997.** Shallow Seismic Measurements, in: „Seismic safety of the Paks Nuclear Power Plant” Edited by Sándor Marosi and Attila Meskó. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1997. 70.